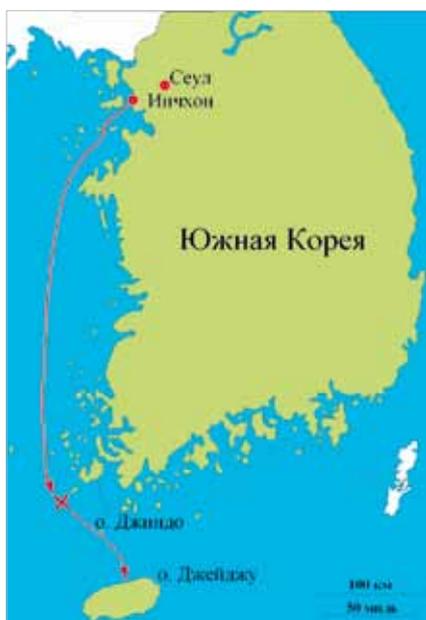




Подъем парома «Севоль» 6825 тонн с 44 метров

д.т.н. А.В. Краморенко, к.т.н. В.В. Асминин ■ фото из архива авторов



Место гибели парома «Севоль»

Надводное судно таких размеров, полностью скрытое под водой, в открытом море без разделки на части было поднято впервые. По масштабу эта выдающаяся судоподъемная работа сопоставима с подъемом в 2001 году российской атомной подводной лодки «Курск» и с подъемом в 2013 году итальянского лайнера «Коста Конкордия», а по принятым и реализованным техническим решениям она является уникальной, не имеющей аналогов.

Достигнутый в XXI столетии уровень развития техники и технологии выполнения подводно-технических и строительно-монтажных работ в морских условиях позволяет выполнять судоподъемные работы, которые до недавнего времени считались практически не осуществимыми. Примером такой работы является подъем в 2017 году южнокорейского парома «Севоль» («Sewol»), это опыт, который наглядно демонстрирует современный подход к подобного рода техническим операциям.



Южнокорейский паром «Севоль» в плавании

Обстоятельства гибели в Желтом море парома «Севоль» стали достоянием всех мировых средств массовой информации. Судно вышло из порта Инчхон (Incheon) на остров Джейджу (Jeju) вечером 15 апреля 2014 года по южнокорейскому времени. Утром 16 апре-



ля в 264 милях от исходной точки маршрута во время циркуляции внутри парома произошло смещение груза, вследствие чего он получил крен 30° на левый борт. Ситуация усугубилась входом в воду открытого лацпорта, что привело к неконтролируемому затоплению кормового трюма.

Паром, заполняясь водой, постепенно терял плавучесть и остойчивость и через полтора часа, опрокинувшись вверх килем, затонул с нарастающим дифферентом на корму. Глубина в районе катастрофы составляла 44 м, поэтому потерявшее продольную остойчивость судно уперлось кормовой оконечностью в грунт. В ряде отсеков сохранилась воздушная подушка, вследствие чего носовая оконечность парома еще некоторое время оставалась на поверхности. 18 апреля судно полностью скрылось под водой.

По предварительным данным, причиной аварии стала ошибка вахтенной службы, которая допустила резкое изменение курса судна, приведшее к его наклонению. При этом сказалась перегрузка судна, на котором вместо разрешенных 987 регистровых тонн находилось 1155 т груза, что отрицательно повлияло на остойчивость — способность судна возвращаться в исходное вертикальное положение после прекращения действия отклоняющей силы. Техническое состояние далеко не нового парома, построенного в 1994 году, не было идеальным. Комиссией по расследованию причин катастрофы были отмечены истекшие сроки сервисного обслуживания механизмов, в том числе рулевой машины, заявку на ремонт которой капитан парома подписал буквально накануне катастрофы — 1 апреля 2014 года.

Катастрофа парома «Севоль» была воспринята в Южной Корее как национальная трагедия. На борту судна находилось 476 человек, большинство которых составляли учащиеся средней школы. Спасти удалось только лишь 172 из них. Большого количества жертв не удалось избежать, несмотря на благоприятные гидрометеорологические условия и на то, что первый патрульный корабль береговой охраны Южной Кореи прибыл в район бедствия в 9.30, то есть через 35 минут после получения сигнала об аварии. Крен судна в тот момент составлял уже 50°. Примерно в то же время в район прибыл вертолет береговой охраны со спасательной командой на борту, которой удалось спасти первых шесть человек.

В 9 часов 38 минут, когда крен парома достиг 60°, капитан дал запоздалую команду



Гибель парома «Севоль»

покинуть судно. До этого момента пассажиры оставались на своих местах в каютах, выполняя полученные указания, что привело к тяжелым последствиям — выбраться из корпуса судна при динамическом нарастании крена было уже невозможно.

Следует отметить, что оказавшиеся наверху члены экипажа парома до последнего момента прикладывали все силы для спасения гибнущих пассажиров. Троице из них посмертно было присвоено звание героев Республики Корея.

Аварийно-спасательные силы ВМС Южной Кореи получили сигнал на приведение в полную боевую готовность только в 11 ч 28 мин 16 апреля, уже после переворачивания парома. Была организована поисковая операция, которая производилась круглосуточно.

Утром 17 апреля в районе гибели парома уже были сосредоточены 171 судно, 29 летательных аппаратов и 555 водолазов. Однако ввиду ухудшившихся гидрометеорологических условий во второй половине дня 17 апреля спасательная операция была приостановлена.

18 апреля с улучшением погодных условий в корпус парома начали закачивать воздух с целью вентиляции отсеков, в которых могли оставаться живые люди. Несмотря на принимаемые меры, холодная вода и гидростатическое давление с каждым часом уменьшали вероятность спасения оказавшихся внутри парома людей. Вскоре безуспешные попытки спасения были прекращены, и начался методичный поиск и подъем тел жертв катастрофы.

В носовой оконечности парома остропили два мягких 35-тонных понтона, которые обозначали место расположения затонувшего парома на грунте. Над затонувшим судном на якорях была установлена несамостоятельная баржа-площадка, с борта которой спускались водолазы и необитаемые телеуправляемые подводные аппараты типа CR2000 «Crabster», которых насчитывалось порядка 20 штук. По состоянию на 14 мая водолазы сумели достать из отсеков затонувшего судна тела 244 человек. В общей сложности, работы по поиску тел продолжались неполных 7 месяцев и закончились в ноябре 2014 года. Всего по результатам поисковых работ уда-



Изображение парома «Севоль» на грунте, полученное с помощью многолучевых эхолотов

лось найти 295 тел погибших людей, 9 тел так и остались не найденными.

Водолазные работы на глубине свыше 40 м внутри затонувшего судна, связанные с подъемом тел погибших людей, относятся к категории особо сложных и опасных для самих водолазов. Так же, как при аналогичных работах на пароходе «Адмирал Нахимов» в 1986 году, выполнявшихся в Цемесской бухте, избежать гибели водолазов не удалось. 19 апреля погиб старшина южнокорейских ВМС, а 6 и 30 мая — еще два водолаза частной компании «Ундайн Марине Индастриерс».

Громкий общественный резонанс, вплоть до угрозы отставки высшего руководства страны, побудил правительство Южной Ко-

реи принять решение о подъеме парома для установления точных причин его гибели и обнаружения оставшихся не найденными тел погибших. Южнокорейское Министерство океанологии и рыболовства, координировавшее поисковые работы, объявило о проведении конкурса на оказание услуг по подъему парома «Севоль». Условием являлся подъем судна целиком, чтобы минимизировать риск потери человеческих останков и улик, способных пролить свет на причины катастрофы.

Поставленная задача характеризовалась как исключительно сложная, требующая длительной подготовки и нестандартных технических решений. Предстояло в открытом море поднять лежавшее на боку судно длиной 146 м, шириной 22 м и водоизмещением 6825 тонн. Внутри парома находился запас топлива, утечка которого угрожала экологии Желтого моря.

Контракт на проведение судоподъемных работ, обойдя при этом 27 возможных претендентов, получил консорциум, состоящий из китайского государственного предприятия «Шанхай Сэлвидж» и южнокорейской компании «Оушенс эн Ай», которые поделили доли участия в соотношении 70 к 30. Согласно контракту консорциум приступил к выполнению работ в конце августа 2015 года.

Первым шагом к подъему стало тщательное обследование затонувшего парома. С помощью многолучевых эхолотов были получены точные объемные изображения лежащего на грунте судна. Обследование показало, что паром неглубоко погрузился в грунт, а в его оконечностях имеются подзоры, обусловленные формой корпуса, в которые сравнительно легко можно завести судоподъемные стропы без разработки водолазами туннелей под корпусом.

Мировой опыт насчитывает сравнительно небольшое количество примеров подъема крупных пассажирских лайнеров и парома. Все они при затоплении теряли поперечную остойчивость и находились на грунте с креном около 90°.

Речь идет о подъемах войскового транспорта «Лафайет» (бывший лайнер «Нормандия») в 1943 году в порту Нью-Йорка, лайнеров «Ганза» и «Гамбург» в 1949 и 1950 годах в Балтийском море, парома «Европеан Гейтвэй» и «Геральд оф Фри Энтерпрайз» в конце 1980-х годов в Балтийском море, парома «Триколор» в 2004 году в проливе Ла-Манш, лайнера «Коста Конкордия» в Тирренском море в 2012 году.



Работы по поиску и подъему тел людей, погибших при катастрофе

Под давлением общественности правительство Южной Кореи приняло решение о подъеме парома для установления точных причин его гибели и обнаружения тел погибших.

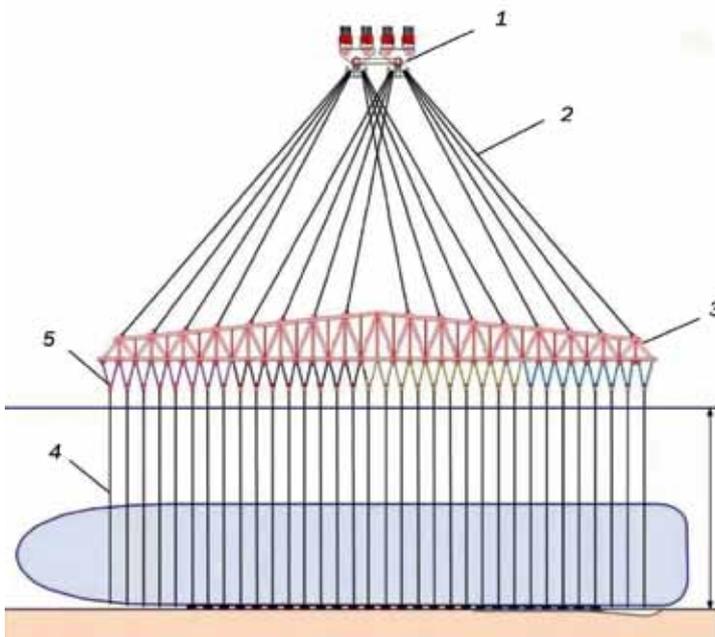


Схема остропки парома «Севоль» с применением траверсы: 1 – объединенные гаки плавкрана для синхронного подъема; 2 – 34 высокомолекулярных синтетических стропа грузоподъемностью 500 тонн каждый; 3 – подъемная рама-траверса весом 1200 тонн; 4 – судоподъемные стропы; 5 – строп, выравнивающий нагрузку



Расположение судоподъемных понтонов

В отличие от паром «Севоль», эти суда лежали на небольших глубинах, меньших чем ширина судна, при которых после спрямления поднимаемого судна удавалось вынести главную палубу из воды и закончить подъем постановкой на плав после осушения отсеков откачкой воды. Исключение представлял только паром «Триколор», ширина которого равнялась глубине района затопления. Именно по этой причине этот паром поднимался без спрямления – разделкой на секции.

Паром «Севоль», лежавший на левом борту на глубине, в 2 раза превышающей его ширину,

мог быть поднят только с применением механических усилий. Выполнение работ в открытом море диктовало необходимость максимального сокращения количества технологических операций, а достижение цели подъема предусматривало нанесение поднимаемому судну минимума дополнительных повреждений и максимальное сохранение внутренней обстановки в интересах следствия по установлению причин и обстоятельств катастрофы. Поэтому общая концепция подъема паром «Севоль» заключалась в отказе от этапа спрямления судна на грунте, а также от этапа постановки на плав посредством откачки воды из внутренних помещений. Паром предстояло бережно поднять в том положении, в котором он лежал на грунте. Оставалось только понять, как это можно сделать на практике.

Первоначальный план подъема паром «Севоль» предусматривал подъем паром с помощью двух плавучих кранов. Для этого планировалось проделать в корпусе паром несколько десятков отверстий для закрепления подъемных стропов, перенести судно в закрытый от ветра и морского волнения район, в котором и завершить подъем с помощью плавучего дока. Южнокорейскими специалистами было выполнено численное, компьютерное и макетное моделирование подъема паром «Севоль», теоретически подтвердившее возможность осуществления выбранной технологии.

В целом технология подъема основывалась на опробованных технических решениях, известных российским специалистам по опыту подъема атомной подводной лодки «Курск» в 2001 году и дизель-электрохода «Булгария» в 2011 году. Однако те технические решения, которые ранее удачно были реализованы при подъеме какого-либо конкретного затонувшего объекта, как правило, не подходят для подъема другого.

В частности, близкий по величине подъемного веса паром «Севоль», в отличие от подводной лодки «Курск», весившей 8200 т, не имел внутри мощного прочного корпуса, шпангоуты которого были способны выдерживать сосредоточенную расчетную нагрузку 900 т. Количество необходимых грузонесущих связей в рассматриваемом случае в разы должно было бы превышать количество грузонесущих связей, закрепленных на подводной лодке «Курск», которое равнялось 26. Сравнение безопасности транспортировки на расстояние в десятки миль

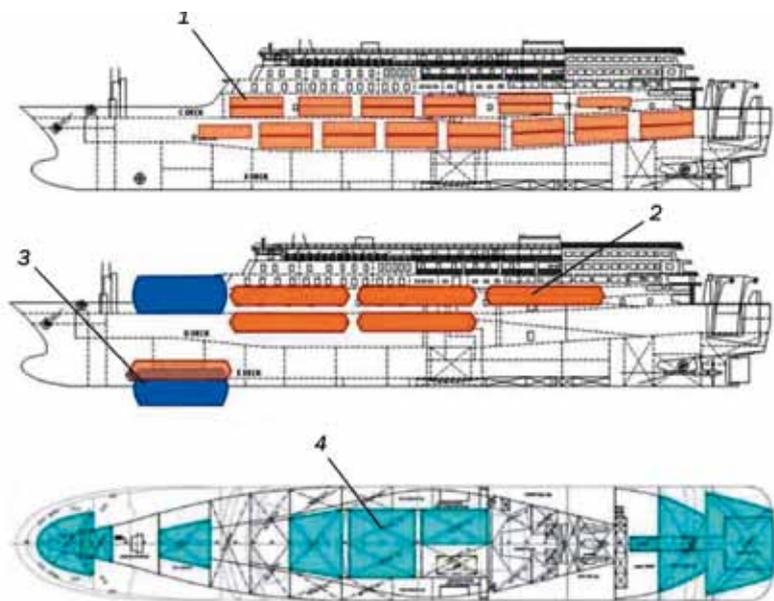


Схема расположения судоподъемных понтонов и продуваемых отсеков, создававших подъемную силу с целью уменьшения нагрузки на поднимаемую с грунта носовую оконечность паром «Севоль»: 1 – закладные емкости грузоподъемностью от 30 до 54 тонн; 2 – мягкие судоподъемные понтоны грузоподъемностью от 165 до 200 тонн; 3 – стальные судоподъемные понтоны грузоподъемностью 500 тонн; 4 – продуваемые отсеки

в условиях морского волнения, поднятого 8000-тонного парома на подвесе двух плавкранов с аналогичной транспортировкой 690-тонного дизель-электрохода «Булгария» по глади Куйбышевского водохранилища на расстояние 11 км было явно не в пользу рассматриваемой технологии подъема парома.

Один плавкран приподнимал носовую оконечность парома, второй обеспечивал заведение под корпус судна соединенных между собой стальных опорных балок.



Именно по этим причинам первоначальный вариант подъема претерпел существенные изменения.

В первую очередь, требовалось гарантировать надежность закрепления судоподъемных стропов, исключив разрушение корпуса парома с точки зрения местной и общей продольной прочности. Инженеры предложили закрепить судоподъемные стропы за обухи

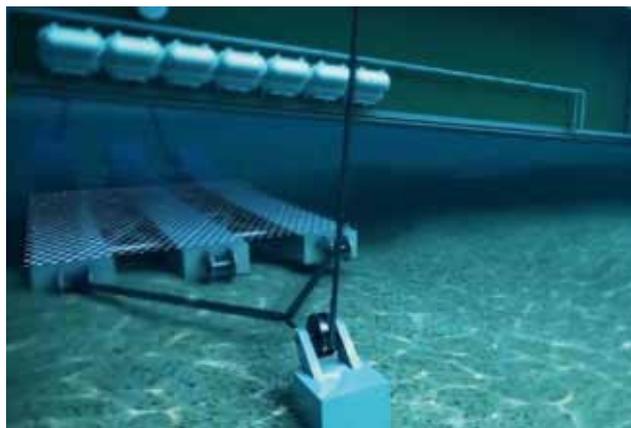
Плавучий кран, применявшийся для подъема носовой оконечности парома «Севоль» при установке прочных опорных балок

Внешний вид пакета опорных балок и его размещение под корпусом парома «Севоль»

на прочных поперечных стальных опорных балках, подложенных под корпус парома. Стропы планировалось объединить с помощью траверсы, а подъемные усилия создавать с помощью плавучего крана грузоподъемностью 12 000 т.

На этапе подготовительных работ из цистерн парома было откачено топливо. Технология откачки не отличалась от общепринятой, применявшейся, в частности, российскими специалистами при работах на затонувшем пароходе «Адмирал Нахимов». Сначала водолазы устанавливали на внешней стороне топливных цистерн фланцы, располагая их в верхней части объема и закрепляя с помощью подводной электросварки. Затем корпус судна внутри каждого фланца перфорировался и к фланцу подключался гофрированный рукав, по которому топливо выдавливали из цистерны. После отсоединения гофрированного рукава на освободившийся фланец устанавливали металлическую заглушку.

Еще одной масштабной подготовительной работой стала установка водолазами более сотни решетчатых закрытий на панорамные прямоугольные иллюминаторы, разбитые во время гибели судна, и на вырезы, сделан-



Было решено заменить плавкран большой грузоподъемности на комплекс из синхронизированных гидравлических домкратов, размещенных на двух несамоходных баржах-площадках.

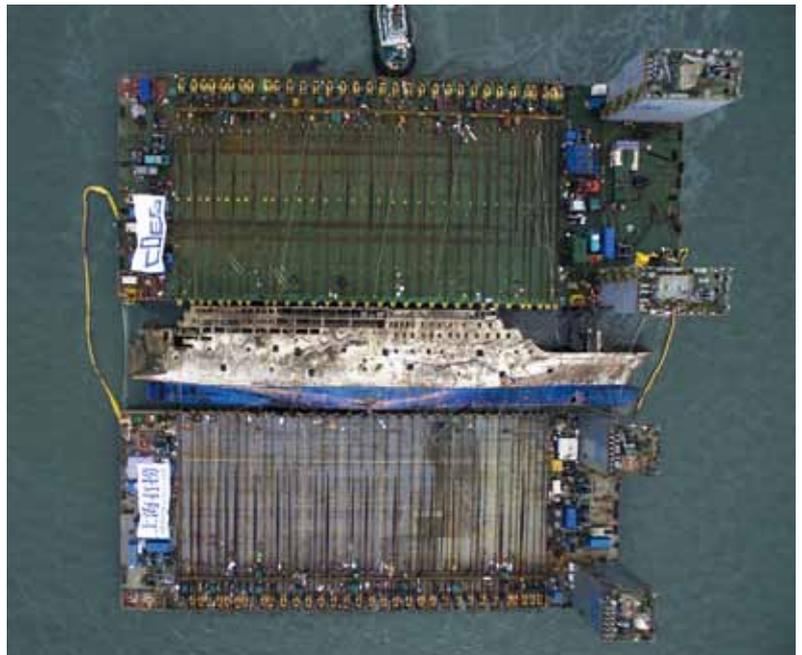
ные водолазами в период поиска и извлечения тел погибших при катастрофе людей. Часть иллюминаторов находилась на левом борту, которым судно опиралось на грунт. Цель установки закрытий заключалась в исключении выпадения из корпуса судна различных предметов при подъеме. Решетки устанавливались с помощью крючковых болтов.

В рамках подготовительных работ также производилось удаление грунта вдоль левого борта судна со стороны днища и палубы надстройки, для осуществления которого использовался грунтосос-рефулер, установленный на надводном носителе. Целью грунтоуборочных работ являлось обеспечение беспрепятственного заведения под левый борт судна поперечных стальных опорных балок.

С точки зрения трудоемкости планируемых технологических операций именно заведение под левый борт судна поперечных стальных опорных балок представлялось наиболее затратным в случае классического подхода с разработкой водолазами туннелей под корпусом.

Вместо этого была принята схема заведения, основанная на подъеме носовой оконечности парома. Здесь инженеры столкнулись со сложной задачей недопущения разрушения стропами узкой носовой оконечности парома. Расчеты прочности показали, что она была способна выдержать приложение рассредоточенных усилий, величина которых бы не превышала 1200 т. Это было, как минимум, в три раза меньше усилия, необходимого для подъема носовой оконечности с расчетным дифферентом 5°. Дефицит подъемных усилий решено было компенсировать осушением балластных и топливных цистерн внутри судна посредством отжатия воды нагнетаемым по рукавам сжатым воздухом, а также использованием закладных продуваемых емкостей и острапливаемых к корпусу судноподъемных понтонов. Суммарный объем продуваемых цистерн составил 1210 м³.

При острожке носовой оконечности парома были использованы все возможные меры рассредоточения подъемных усилий. Стропы завели в клюзы, в туннель носового подруливающего устройства, пропустили в обхват корпуса через вырезы в фальшбортах, чтобы не допустить их разрушения. Носовая оконечность парома без значительных разрушений была приподнята плавкраном, установленным над местом работ на четырех якорях. Второй плавкран обеспечил заведение под корпус поднимаемого



Баржи-площадки с размещенными на них гидравлическими домкратами за работой

судна стальных опорных балок, соединенных для устойчивого положения на грунте между собой по три штуки. Каждая опорная балка имела двойные обухи для закрепления судноподъемных стропов, а также лекальную наделку, повторяющую обвод левого борта судна от скулы до палубы надстройки. На вспомогательном стропе пакет из трех опорных балок опускали вдоль расположенного вертикально днища парома и затаскивали под левый борт с помощью второго стропа, идущего со стороны вертикально расположенной палубы надстройки. Горизонтальное перемещение пакета опорных балок по грунту и точность их размещения гарантировалось заранее установленным в заданную точку на грунте грузом-массивом с расположенным на нем блоком, через который и был пропущен второй строп. В носовой и кормовой оконечностях парома, где корпус по ширине сужался, опорные балки

не устанавливали, а просто заводили стропы в подзоры в обхват корпуса или сквозь прочные конструкции якорных клюзов и туннелей подруливающих устройств.

8 декабря 2015 года комплекс подготовительных мероприятий в обеспечение подъема парома «Севоль» был завершен. Объем выполненных подводно-технических работ характеризуется количеством сделанных водолазных спусков, превышавшим одну тысячу. Можно было приступить к основному этапу работ – непосредственному подъему парома на поверхность.

Компенсация динамических нагрузок в грузонесущих связях достигалась за счет включения в состав каждого домкрата компенсатора качки с интегрированным следящим механизмом.

Организаторы работ проанализировали создавшуюся обстановку и пришли к выводу о необходимости отложить подъем парома до весны 2017 года в связи с неудовлетворительной работой системы стропов, нагрузка в которых на траверсе должным образом не перераспределялась, приводя к разрушению стропов и остановкам в работах для их восстановления. Было принято единственно правильное, но трудное решение о замене плавкрана большой грузоподъемности на комплекс из синхронизированных гидравлических домкратов, размещенных на двух самоходных баржах-площадках. Вместо судоподъемного дока было предложено использовать транспортное погружное судно (ТПС). Эти кардинальные изменения позволили минимизировать риск негативного влияния неблагоприятных гидрометеорологических условий, исключив работу уязвимого от воздействия ветра и волнения плавкрана в открытом море и, главное, этап транспортировки поднятого парома на подвесе в район проведения доковой операции.

К середине марта 2017 года были подготовлены технические средства в соответствии с измененной технологией подъема. Баржи «Жао Шанг Жонг Гонг 1» («Zhao Shang Zhong Gong»)

и «Жао Шанг Жонг Гонг 2», каждая длиной 150 и шириной 50 м, были дооборудованы в общей сложности 66-ю горизонтально расположенными гидравлическими домкратами, принцип действия которых был аналогичен принципу действия шаговых тросовых домкратов, использовавшихся при подъеме атомной подводной лодки К-141 «Курск» и при спрямлении лайнера «Коста Конкордия». С учетом подъемного веса парома с опорными балками, равного 8300 т, на каждый гидравлический домкрат в процессе подъема приходилась нагрузка по 125–150 т. Главным условием успеха работы созданного грузоподъемного комплекса являлось обеспечение синхронной работы гидравлических домкратов, шаг за шагом, на несколько сотен миллиметров, поднимающих паром к поверхности. Компенсация динамических нагрузок, возникающих в грузонесущих связях вследствие асинхронной вертикальной качки подъемных барж-площадок, достигалась за счет включения в состав каждого домкрата гидравлического компенсатора качки с интегрированным следящим механизмом.

23 марта 2017 года баржи-площадки с помощью якорных систем установили над затонувшим паромом и присоединили пропущенные через блоки грузонесущие связи к опорным балкам. На палубе обеих барж заработали автономные силовые агрегаты гидравлических станций, подавая рабочую жидкость в гидравлические домкраты и компенсаторы качки. Нагрузка в грузонесущих связях была выравнена, после чего все домкраты одновременно переместились к внешним бортам барж-площадок. Паром «Севоль» содрогнулся на грунте и начал движение к поверхности. Грузонесущие связи были зафиксированы неподвижными зажимами в дос-

Гидравлические домкраты, горизонтально установленные на палубах барж-площадок





Транспортировка поднятого двумя баржами-площадками парома «Севоль» к месту погрузки на ТПС «Уайт Марлин»

тигнутом положении, после чего зажимы на подвижной части домкрата были разжаты, что позволило сдвинуть их обратно в сторону бортов барж, обращенных к парому. Здесь произошел повторный захват грузонесущих связей зажимами подвижных частей домкратов. После ослабления неподвижных зажимов подвижные части сделали следующий шаг.

Шаг за шагом процесс подъема парома «Севоль» продолжался в течение долгих 27 часов. Он прекратился, когда корпус парома вышел из воды на 60 % и возвышался над уровнем моря на 13,5 м. При этом осадка парома составляла с учетом опорных балок не более 9,5 м. Достаточно большая длительность подъема была обусловлена вынужденными остановками, необходимыми для естественного слива воды самотеком из объемов судна, вынесенных выше действующей ватерлинии.

Система «две баржи—паром» в поперечном сечении была достаточно стабильной под действием силы тяжести. Во избежание продольных перемещений после подъема обе баржи и поднятый паром были соединены между собой прочными продольными найтовыми. Все это позволило с помощью пяти буксиров переместить баржи вместе с поднятым паромом на расстояние в 3 морские мили к месту, где

в готовности к приему груза находилось ТПС «Уайт Марлин» («White Marlin»), принадлежащее голландской компании «Доквайз» («Dockwise»). Принцип действия ТПС достаточно прост. Принимая воду в обширные балластные танки, судно погружается по рабочую ватерлинию. Над водой остается только островная надстройка в носовой части и вершины двух башен в корме. Грузовая палуба при этом уходит под воду на 9–10 м. Транспортируемый объект на плаву заводят над грузовой палубой и выставляют над ней. Затем ТПС откачивает воду из балластных танков, медленно всплывает и принимает на себя вес плавучего объекта, полностью поднимая его из воды. Именно так и действовало при подъеме парома «Севоль» ТПС «Уайт Марлин», грузоподъемностью 72 000 т. На его грузовой палубе располагались три параллельные продольные доковые дорожки, на которые легли опорные балки, заведенные под левый борт парома.

Всплытие ТПС «Уайт Марлин» было остановлено, когда вес парома был передан на его грузовую палубу, погруженную в воду на расстояние, превышающее осадку барж-площадок порожнем. На этом этапе водолазами были отсоединены грузонесущие связи, после чего баржи-площадки отвели в сторону, предоста-

вив возможность ТПС «Уайт Марлин» подняться в транспортное положение.

Поднятый паром «Севоль» с помощью ТПС «Уайт Марлин» был безопасно доставлен в порт Мокпо, где его выгрузили на причальную стенку. Технология выгрузки основывалась на использовании двух поездов из транспортных тележек с гидравлическими подъемниками, которые были заведены под находящиеся под левым бортом парома опорные балки в промежутки между тремя доковыми дорожками, выложенными на палубе ТПС «Уайт Марлин». Каждый поезд состоял из 300 двухосных тележек. Паром гидравлической был приподнят над доковыми дорожками, расположенными на грузовой палубе ТПС «Уайт Марлин», и на колесах с пневматическими шинами выкачен на берег. На этом грандиозная техническая операция по подъему парома «Севоль», длившаяся более 600 дней, была завершена.

Всего, по данным открытых источников, на завершающем этапе в работах непосредственно участвовало 400 человек. Стоимость подъема была объявлена равной 90 млн долларов США, что на порядок меньше стоимости подъема лайнера «Коста Конкордия» и примерно равно затратам на подъем атомной подводной лодки «Курск».

ТПС «Уайт Марлин» с поднятым паромом «Севоль» на грузовой палубе

Основным выводом, который следует сделать на основании рассмотрения технической операции по подъему парома «Севоль», является прямая зависимость способности государства проводить в случае необходимости подобные работы от наличия возможности привлекать к участию организации, владеющие соответствующими масштабу техническими средствами и технологиями. К сожалению, в настоящее время подобных технических средств и технологий в распоряжении государственных структур и частных компаний РФ нет.

Вместе с тем, ни одна морская держава не застрахована от морских катастроф, и наша страна должна быть готова к ликвидации их последствий без ущерба государственному престижу из-за невозможности сделать это в той или иной мере собственными силами. В этой связи актуальным является стимулирование развития пригодных для использования в интересах судоподъема отечественных технических средств освоения морского шельфа — плавкранов большой грузоподъемности, крупнотоннажных барж-площадок, в том числе и погружных, шаговых гидравлических домкратов, средств и способов выполнения водолазных работ.

Авторы статьи выражают благодарность водолазному специалисту Сергею Ивановичу Смольскому за предоставленную информацию.

